

(案)

提言

低炭素・健康なライフスタイルと都市・建築
への道筋



平成29年（2017年）〇月〇日

日本学術会議

環境学委員会・土木工学・建築学委員会合同

低炭素・健康社会の実現への道筋と生活様式・消費者行動分科会

この提言は、日本学術会議環境学委員会・土木工学・建築学委員会合同低炭素・健康社会の実現への道筋と生活様式・消費者行動分科会の審議結果を取りまとめ公表するものである。

日本学術会議環境学委員会・土木工学・建築学委員会合同
低炭素・健康社会の実現への道筋と生活様式・消費者行動分科会

委員長	吉野 博	(第三部会員)	東北大学総長特命教授
副委員長	林 良嗣	(連携会員)	中部大学総合工学研究所教授
幹事	田辺 新一	(連携会員)	早稲田大学創造理工学部建築学科教授
幹事	坂井 文	(連携会員)	東京都市大学都市生活学部教授
	米田 雅子	(第三部会員)	慶應義塾大学先導研究センター特任教授
	浅見 泰司	(連携会員)	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻教授
	伊香賀俊治	(連携会員)	慶應義塾大学理工学部システムデザイン工学科教授
	柏木 孝夫	(連携会員)	東京工業大学特命教授
	加藤 信介	(連携会員)	東京大学生産技術研究所教授
	小玉祐一郎	(連携会員)	神戸芸術工科大学名誉教授
	仙田 満	(連携会員)	放送大学客員教授
	高田 光雄	(連携会員)	京都美術工芸大学教授
	中上 英俊	(連携会員)	株式会社住環境計画研究所代表取締役会長
	福井 秀夫	(連携会員)	政策研究大学院大学教授
	梅干野 晁	(連携会員)	放送大学教授
	南 一誠	(連携会員)	芝浦工業大学建築学部建築学科教授
	村上 周三	(連携会員)	一般財団法人建築環境・省エネルギー機構理事長
	森本 章倫	(特任連携会員)	早稲田大学理工学術院教授

本提言の作成にあたり、以下の方々に御協力いただいた。

那須 民江	(第二部会員)	中部大学生命健康科学部教授
花木 啓祐	(第三部会員)	東洋大学情報連携学部教授
山田 育穂	(連携会員)	中央大学理工学部教授
苦瀬 博仁		流通経済大学流通情報学部教授

本提言の作成にあたり、以下の職員が事務及び調査を担当した。

事務	盛田 謙二	参事官(審議第二担当)	(平成27年8月まで)
	石井 康彦	参事官(審議第二担当)	(平成29年7月まで)
	桑川 泰一	参事官(審議第二担当)	(平成29年7月から)
	松宮 志麻	参事官(審議第二担当) 付参事官補佐	(平成29年7月まで)

高橋 和也	参事官（審議第二担当）付参事官補佐（平成 29 年 7 月から）
鈴木 宗光	参事官（審議第二担当）付審議専門職付（平成 28 年 12 月まで）
石尾 航輝	参事官（審議第二担当）付審議専門職付（平成 29 年 1 月から）

要 旨

1 作成の背景

2015年11月から12月に開催された国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）において、世界共通の長期目標として産業革命以前からの温度上昇を2℃に抑え、世界全体で今世紀後半には、温室効果ガス排出量を実質的にゼロにすることを目指す「パリ協定」が採択され、2016年11月4日に発効した。これに呼応して我が国では、温室効果ガス排出量を2013年度比で2030年度に26.0%減、部門別では、業務その他部門39.7%、家庭部門39.2%、運輸部門27.5%を削減する「地球温暖化対策計画」が、2016年5月に閣議決定された。一方、2015年9月には、「持続可能な開発のためのアジェンダ2030」が国連サミットで採択され、「持続可能な開発目標」（Sustainable Development Goals: SDGs）が掲げられて、政府、企業、市民の各々がその役割を果たして達成することが謳われている。今後、東及び東南アジア地域ではエネルギー消費、CO₂排出の爆発的な増大が予測されており、省エネルギー化、低炭素化は都市・建築・交通の空間設計に係わるステークホルダー全員の重大な責務である。

2 現状及び問題点

20世紀における我が国の大都市は、人口流入時に鉄道が整備され土地利用とCO₂排出の面で世界に冠たる効率の高い空間を実現した。この都市システムは、郊外に居住し都心へ通勤するライフスタイルを可能とし、GDP（国内総生産）を効率よく増大させることに貢献してきた。しかし、到来しつつある超高齢社会では、勤労者とともに高齢者と子どもが健康で憩える場としての充足性の高い空間への転換が求められる。また、中小都市では自動車依存が強いいため、交通の一層の低炭素化も同時に進めなければならない。

日本では少子高齢化が進行してきたが、21世紀に入って東及び東南アジアの多くの国が一層速いスピードで高齢化し人口減少へと転じていく。例えば、タイ国は人口も経済も成長を続けているが、わずか10余年先の2030年には人口減少が始まると予想される。そのような背景の中、健康で質の高い生活（クオリティオブライフ：QOL）を目指し、しかも、低炭素で環境性能の高い都市・建築を実現する方策の提言が求められている。

3 提言

(1) 低炭素で健康的な新しいライフスタイルと行動変容の動機づけ

我が国では、東日本大震災後のライフスタイルの変化にも対応した低炭素社会の構築が必要であり、行動変容を促すモチベーションと関連要因の研究を推進すべきである。

一方で、無機質な低炭素原理主義に陥ることなく、日本の伝統的な生活を尊重しつつ、高齢化に対応した健康社会を構築することが要請されており、多様なライフスタイルを統合していくような思考を促す教育・啓発活動を展開すべきである。

(2) 成熟社会のための低炭素で健康な都市・交通デザイン

財政的健全性、低炭素性を維持し、高いQOLを保障するコンパクトな都市のかたちと建物・街区ストックを形成し継承するために、土地利用の基本戦略を抜本的に転換する。その上で、交通システムがあらゆる人に公平な移動の機会をもたらす、高齢者等移動困難者には人の移動なしに物品を入手できる物流システムが要請されている。QOLの向上には生活空間の熱的環境制御も重要で、都市内では集合住宅の推進による緑化オープンスペースの増加や潜熱効果を促す流水の導入等によるヒートアイランド緩和、空調の技術革新、建物内と外の生活空間の一体的設計、そして、これらの情報を市民に周知することによる意識改革を、本格的に推進する。以上のような基本戦略の転換を支援するために、土地・建物税制、環境負荷に応じた課金等の制度再設計に踏み切るべきである。

(3) 住宅・建築の低炭素・健康対策と創エネの加速化

建物スケールでは、ゼロ・エネルギー建築・住宅を越えたライフサイクルでの低炭素化、創エネを行うとともに、既存建築の省エネルギー化、再生可能エネルギー利用の普及、エネルギーマネジメントを総動員した住宅・建築低炭素化の統合戦略を策定実施すべきである。

都市、街区スケールでも、スマートエネルギーネットワークおよびエネルギーマネジメントによる高効率化と人々のQOL向上の両面からスマートコミュニティを構築すべきである。

健康性・快適性から見た室内環境を再検証し、低炭素化が高齢者の健康性・快適性、子どもの体力健康向上を図る方策としても多様なコベネフィットをもたらすことを評価し、住宅・建築低炭素化の統合戦略に組み込むべきである。

(4) 日本の都市・建築・交通分野における低炭素技術のアジア展開戦略

アジア地域における民生、交通に関わるエネルギー消費のデータベースを構築することが重要であり、それは蒸暑地域の室内環境制御、並びに鉄道と道路のバランス化による渋滞回避、CO₂排出大幅削減のための計画策定等に貢献する。

また、東及び東南アジアの国々では、今後日本を上回る速度で高齢化が確実である。しかし、その一方で、低炭素化を図るための、鉄道を中心とした都市交通のインフラや建築・住宅関連設備システムの導入が大幅に遅れている。その解決には、ハードインフラの整備を補うような、日本をはるかに超えたICT、IoTのフル活用を図った革新的戦略を構築すべきである。それとともに、科学的知見を共有するために人的交流と技術移転を積極的に進めるべきである。

目 次

1	提言の背景と目的	1
2	低炭素・健康社会の実現を目指して	2
(1)	充足文明へのパラダイムシフト	2
(2)	住宅と建築分野の展望	2
(3)	都市構造と交通分野の展望	3
(4)	ICTネットワーク社会における展望	4
(5)	低炭素で健康的なライフスタイルと都市・建築への道筋	4
3	低炭素で健康的な新しいライフスタイルと行動変容の動機づけ	5
(1)	行動変容を促すモチベーションと関連要因の研究推進	5
(2)	低炭素・健康社会に向けた教育・啓発活動の推進	5
(3)	日本の伝統的な生活と低炭素化	6
(4)	子どもに望ましい成育環境の整備	7
(5)	少子高齢社会における健康・低炭素型の住まい方	7
4	成熟社会のための低炭素で健康な都市・交通デザイン	8
(1)	持続可能な都市構造と街区への変革	8
(2)	高齢成熟社会におけるあらゆる人々への公平なモビリティ	8
(3)	商品・物資のアベイラビリティを高める社会インフラとしての物流の 低炭素構造	9
(4)	生活空間と生活意識の改善による都市のヒートアイランド対策	9
(5)	低炭素で健康な社会への変革のための制度再設計	10
5	住宅・建築の低炭素・健康対策と創エネの加速化	12
(1)	スマートエネルギーネットワークの構築	12
(2)	ZEB、ZEHを越えたライフサイクルでの建築の低炭素化	13
(3)	健康性・知的生産性のコベネフィット	14
6	日本の都市・建築・交通分野における低炭素技術のアジア展開戦略	16
(1)	民生、交通エネルギーデータベースの構築	16
(2)	蒸暑地域の室内環境制御に関する課題の明確化と研究推進	16
(3)	アジア諸国に必要な低炭素交通土地利用システムの方向性と研究開発	16
(4)	人的交流と技術移転	17
7	提言	18
(1)	低炭素で健康な新しいライフスタイルと行動変容の動機づけ	18
(2)	成熟社会のための低炭素で健康な都市・交通のデザイン	18
(3)	住宅・建築の低炭素・健康対策と創エネの加速化	19
(4)	低炭素技術のアジア展開戦略	20
	<用語の説明>	21
	<参考文献>	25

<参考資料>

低炭素・健康社会の実現への道筋と生活様式・消費者行動分科会審議経過…………… 29

<付録>…………… 30

1 提言の背景と目的

2015年11月から12月に開催された国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）において、世界共通の長期目標として産業革命以前からの温度上昇を2℃に抑え、今世紀後半には温室効果ガス排出量を実質的にゼロにすることを目指す「パリ協定」が採択され、2016年11月4日に発効[1]した。これに対応し、我が国では温室効果ガス排出量を2013年度比で2030年度に26.0%減、部門別には、業務その他部門39.7%、家庭部門39.2%、運輸部門27.5%を削減する「地球温暖化対策計画」が2016年5月に閣議決定[2]され、低炭素社会¹への一層の加速化を内外に示した。一方、2015年9月には「持続可能な開発のためのアジェンダ2030」が国連サミットで採択され、17のゴール・169のターゲットからなる「持続可能な開発目標」（Sustainable Development Goals: SDGs）が掲げられ、政府、企業、市民の各々が、その役割を果たして達成すべきことが謳われた[3]。

日本のエネルギー消費量は、トップランナー制度、住宅・建築に関する省エネルギー基準の強化、省エネ法の事業所から事業者単位への改正、エコカー減税・補助金、家電・住宅エコポイント等の諸制度の導入、並びに製造業における省エネ、製品のエネルギー効率向上などが功を奏し、2000年以降低下した。しかし、東日本大震災に際して福島第一原子力発電所の重大事故を経験した日本は、電力・エネルギー供給の大幅な転換が迫られると同時に、都市、建築、交通等の分野における需要側の抜本的な対応が問われている。

一方、アジア地域には今後の経済発展により、エネルギー消費、CO₂排出の爆発的な増大が予測されており、省エネルギー化、低炭素化は都市・建築・交通設計の最も重要な課題である。さらに、投資の世界では環境金融や社会的責任投資が普及し、環境に配慮することが企業活動としても重視される時代になってきた。

日本の大都市は、人口流入期に鉄道が整備され、土地利用とCO₂排出の面で世界に冠たる高効率空間を実現した。この都市システムは、郊外に居住し都心へ通勤するライフスタイルを可能とし、GDP（国内総生産）を効率よく増大させることに貢献してきた。しかし、到来する超高齢社会には十分に適応できない。我が国は21世紀に入って少子高齢化が顕在化し、2050年には生産年齢人口が52%に対して、高齢者が39%にも達すると予想[4]されている。したがって今後は高齢者が地域コミュニティにおいて交流し、健康で憩える場としての充足性の高い空間への転換が求められる。さらに、中小都市では自動車依存が強く、交通の一層の低炭素化も同時に進めなければならない。一方、21世紀に入って東及び東南アジアの国々が一層速いスピードで高齢化し人口減少へと転じることが予想される。

以上のような背景から、本分科会では、a) 健康で質の高い生活スタイルを目指し、しかも、b) 低炭素で環境性能の高い都市を実現する方策、さらに、c) その考え方のアジア諸国への導入による国際貢献を提言する。なお、本提言は、21期、22期における低炭素社会と健康の実現に関する議論を踏まえた上で、最近の動向や新たな知見を加えて取りまとめたものである。（付録1）

¹最近では、「低炭素（Low Carbon Society）」に代わって「脱炭素（Decarbonized Society）」が使われるようになってきているが、本報告書では「低炭素」を用いる。

2 低炭素・健康社会の実現を目指して[5]

(1) 充足文明へのパラダイムシフト

21世紀に生きるわれわれは、地球環境問題という重い宿題を背負っている。気候変動に関する政府間パネル（IPCC：Intergovernmental Panel on Climate Change）をはじめとして低炭素化に向けた努力がグローバルな枠組みのもとに推進されているが、地球全体としてのCO₂排出量が減少に向かう傾向はみられない。2012年時点における全世界における建築を含む民生、交通分野のCO₂排出量の全体に占める割合は、それぞれ34.8%、27.9%であった[6]。2050年には、新興国や発展途上国における経済成長を背景として、エネルギー消費で200%、CO₂排出量で50%から150%の増加が予想[6]されている。ここで必要なのが、経済成長と環境悪化の切り離し（Decoupling）と、GDPの規模により進歩を評価する20世紀型の大量生産・大量消費文明のパラダイムからの脱出であり、少ない資源消費でも満足度を高められる充足文明へのパラダイムシフトである。加えて、今世紀に入って、先進国のみならず東及び東南アジア途上国で際立って顕在化した少子高齢化問題と大気汚染問題等から、健康がその増進と被害回避の両面から社会の重要問題としてクローズアップされるようになった。こうして今日、再び脱物質文明が求められるとともに、健康の能動的増進に向けた価値観の転換を促す低炭素・健康社会システムを構築する必要性が高まった。

環境問題のマクロデザインにおいては、都市や地域の空間性能 Q （1）の向上と環境負荷 L の削減の両面から考えることを基本とする。大量消費時代の建築や交通システム等の装置は、経済的な性能 Q_1 （装置の利用によって得られる経済便益）を向上させたが、環境負荷 L も大きかったため、必ずしも Q/L が高くはならなかった。これからは、 L の削減を可能とする大幅な技術革新と豊かさとしての性能 Q_2 （クオリティオブライフ：QOL）の向上が必要とされる。 L の削減については、省エネルギーのさらなる推進と再生可能エネルギー等の活用により、その達成の実現性は高い。課題となるのは Q の大幅な向上である。 Q/L は、建築、街区、交通ネットワーク、都市構造等の多階層の装置のあり方に左右され、 Q として、経済便益のみならず、生活文化、自然環境、安全・安心、アメニティなどの質に基づく生活の充足性あるいは満足度も評価することが必要である。

低炭素でかつ健康な生活社会の実現には、人々の意識の改革も必要となる。これから迎える低炭素社会においては、キーワードはスリム化である。日本では古来、「足るを知る」[7]文化を育んできた。知足は、そのままスリム化、脱物質化に通じる生活倫理である。日本の建築文化や鉄道交通文化にはこの知足の伝統が根強く残されている。知足を地球環境時代の新たな社会のパラダイムとし、これからの低炭素社会の形成に向けて産官学民の英知を結集していくことが求められる。ここで目指すべき未来社会も、「足るを知る」という生活哲学が私たちの社会の根底にあるべきである[8]。

(2) 住宅と建築分野の展望

近年、建築分野では、省エネルギーや再生可能エネルギーの利用技術が進歩した。高層建築を除けば、運用時に関するゼロ・エネルギー建築 ZEB（Zero Energy Building）

〈2〉の実現はさほど困難なことではない。さらに、我々はZEBからPEB(Positive Energy Building)〈3〉、あるいはLCCM(Life Cycle Carbon Minus)〈4〉を目指すべきであり、技術的基盤は整ってきている。LCCM建築の研究により、建設段階、取り壊し段階の省エネルギーの重要性が明らかにされたが、その研究は進展しておらず、この分野はニューフロンティアであるといえる。なお、既存建築のゼロ・エネルギー化には、持ち主への資金負担を要求することが困難であり、普及には技術的側面を超えた検討が必要である。

建築物の省エネルギーの技術的基盤が整ってきたにもかかわらず、我が国では特に住宅において断熱性能が向上しなかったのは、暖房冷房のスペースや稼働時間が限定され支払われる暖冷房代としての光熱費が少なく、経済合理性から見ても魅力が乏しかったからである。光熱費低減のみで断熱性能向上に対する投資を回収することが困難なのは、IPCC等でも重要性が謳われているコベネフィットを含めていないからである。たとえば、住宅の断熱向上による健康維持増進効果やオフィスの環境性能向上がもたらす知的生産性の向上というコベネフィットに注目し、その価値を明確化すれば十分な経済合理性が得られることを保証するものであり、デッドロックにぶつかっている既設建築対策や優良街区の形成に対して有効な切り口を提供することができる。

省エネルギー・CO₂排出量削減は、一般市民の意識に訴える建築物の低炭素化国民運動として展開されるべきである。この成功事例として挙げられるのが、2005年から行われているクールビズである。政府自らが夏季のオフィスの服装慣習の変革という困難な課題に取り組み、見事に成功させている。クールビズの成功体験から、行動変容には組織的な戦略が必要である。

一方で、建築物の低炭素性や健康性を評価する方法が求められていた。その一つとしてCASBEE(建築環境総合性能評価システム)〈5〉はQ/Lの概念に基づいて開発された指標であるが、ZEB、ZEH(Zero Energy Housing)〈6〉などLを削減する方策と、健康コベネフィットのようなQを向上させる効果の両面を簡便に評価できる手法として、更なる普及を図るべきである。

(3) 都市構造と交通分野の展望

日本では2005年に総人口が減少し始めたが、自動車依存のために都市はいまだに拡大を続けておりコンパクト化が迫られている。アジアの新興経済国、発展途上国では、都市化の勢いは日本をはるかに上回っており、都市の成長管理が一層重要となってきた。日本の大都市圏のように、郊外開発を鉄道沿線に集約する公共交通指向開発(TOD:Transit Oriented Development)〈7〉の普及如何が、著しい経済発展に伴って急速に変化していく途上国における都市の土地利用効率を大きく左右する[9]。

また、戦後の日本の市街地においては建物の相隣間の環境的な不調和に起因して機能寿命が短く、戸建住宅は30年に一度建て替えられ、そこに投入されるコンクリート、鉄等の原材料の生産と輸送に対してエネルギー消費とCO₂排出が余儀なくされてきた。

こうした背景から、人口が減少する我が国ではスマートシュリンク(賢い縮退)〈8〉、成長するアジア諸国ではスマートグロース(秩序ある成長)〈9〉により、居住地区を

極力限定して、有機的で質の高いインフラ投資を行うとともに、原材料の生産と輸送によるエネルギー消費やCO₂排出を抑制して、QOLを高める戦略を描く必要がある。また、高齢社会に突入する我が国では、都市交通の側面からは、自動車に過度に依存することなく、歩くことを基本に公共交通機関を整備し、街中では自動車中心でなく歩行者と極低速の自動車を敢えて交える歩車共有空間を演出する等、アメニティが高く健康の増進を促す戦略が必要とされている。

(4) ICT ネットワーク社会における展望

ICT（情報通信技術：Information and Communication Technology）に支えられるネットワーク社会の出現は、建築・交通・都市のあり方、省エネルギー手法にも大きな影響を与える。それは、利用者と装置（建築、交通インフラ等）の需要・供給の両方に着目した双方向対策への拡張、車や家を共同利用するシェアリング・エコノミー〈10〉の普及、自動運転の導入、エネルギー事業者の集中型システムと太陽光発電等の分散型システムの統合化などに見ることができる。また、ネットワーク社会においては、建築分野のエネルギーマネジメントが建築単体のスケールから都市のスケールまで、交通、通信等のインフラも含めて重層的に連携され、様々な新しいサービスが提供される。

その一つの典型であるスマートハウスでは、省エネルギー、再生可能エネルギー、蓄エネルギーなどのエネルギーサービス、見守り・ケアなどの福祉サービス、行政を含めた社会サービスがネットワークを通じて提供される。スマート化は住宅・建築・交通に対して多様な便益を提供しコミュニティのあり方すら変えつつあり、大きなイノベーションをもたらすことが予想される。なお、スマート化には利便、効率、快適等光の部分と、プライバシー侵害、セキュリティ低下等影の部分があり、ライフスタイルへのリバウンド効果〈11〉等を十分に吟味しつつ、導入のあり方に注意を払うべきである。

(5) 低炭素で健康的なライフスタイルと都市・建築への道筋

低炭素で健康的なライフスタイルと都市・建築を実現するためには様々な政策があり、それぞれ関連性がある。それらを一体的に議論できるように各々の政策の狙う方向としての戦略（Strategy）とそれを実現するための手段（Instruments）の2軸に分けてマトリックスで整理する（付録2）。戦略としては、1）Avoid：エネルギー需要／CO₂排出削減戦略、2）Shift：省エネ／低CO₂排出システムへの転換戦略、3）Improve：高効率エネルギーへ改善戦略、の3つに分類する。手段としては、技術的、規制的、啓発的、経済的の4つに分類する。1つの手段が複数の戦略推進に有効な場合も多い。

たとえば、コンパクトシティ政策は、「Avoid：エネルギー需要／CO₂排出削減戦略」をサポートする技術的手段として有用である。また、燃料電池車や家庭用燃料電池の開発は、「Improve：高効率エネルギーへの改善戦略」として有用である。一方で、新築建物・既存施設の省エネルギー性能の表示は、「Shift：省エネ／低CO₂排出システムへの転換戦略」を支える規制的手段として有効であるが、同時に「Improve：高効率エネルギーへの改善戦略」としても大変有用である。付録2に、これら詳細な例を示す。

3 低炭素で健康的な新しいライフスタイルと行動変容の動機づけ

(1) 行動変容を促すモチベーションと関連要因の研究推進

日本の民生部門の省エネルギー政策は、建築物の省エネルギー基準強化や、トップランナー制度による機器効率改善などハード面の対策を中心として進められてきた。しかし、実際のエネルギー消費は消費者の意思決定や行動に大きく影響を受けるにも関わらず、消費者行動を変容させるための施策や研究は体系的に進められていなかった。一方で、住宅や建築物の省エネルギー基準を強化してきた欧米諸国において近年注目されているのが、省エネルギー誘導のための居住者の行動変容に関する研究である。注目の高まりをよく示しているのが、米国の BECC (Behavior, Energy & Climate Change) [10] や欧州の BEHAVE (European Conference on Behavior and Energy Efficiency) [11] といった人間の行動とエネルギー消費や気候変動との関係をテーマにした国際会議の創設である。行動変容に関しては、既に米国、英国で省エネルギー施策や、政策の立案・改善に反映されつつある。

行動変容の効果的方策に関する研究例[12]として、エアコンの代わりに扇風機を使うように促すための効果的なメッセージを検証する実験では、光熱費削減効果や環境保護効果、社会的責任の記述を居住者に示しても変化は見られなかったが、その効果を伝えるよりも、「近所の家庭のほとんどが扇風機を使っている」と伝えた場合の方が有意な省エネルギー効果が確認された。これを応用して、海外では 100 以上のエネルギー供給事業者が、電気・ガス消費量のビッグデータを解析して、近隣世帯とのエネルギー消費を比較したレポートを消費者に送る省エネサービスを展開している。また、米国では同様のアプローチがデマンドレスポンス<12>にも活用されており、タイムリーなメッセージにより平均3%の需要削減効果のあること[13]が示されている。

また運輸部門の省エネルギー政策においても、一人のモビリティが社会的にも個人的にも望ましい方向に自発的に変化を促すコミュニケーションを中心とした交通政策としてモビリティ・マネジメント (Mobility Management) が普及しており、環境負荷削減に成果を挙げている。土木学会では「モビリティ・マネジメントの手引き」[14]をつくるなどその普及を促進している。

行動変容は、個人の価値観を他人に強制することなく行われるべきであることは当然である。省エネルギーに優れた断熱建材や高効率設備機器を居住者や建築物の所有者が進んで選択するように促すことも行動変容の一端である。個人の意思決定方法の分析や、消費者の関心を的確に把握することにより効果的なメッセージの伝え方を検討する研究[15]も行われている。さらなる建築物の低炭素化の推進や交通行動変容にも行動科学の知見は有効と考える。

(2) 低炭素・健康社会に向けた教育・啓発活動の推進

低炭素・健康社会の実現のためには、国民全員が取り組んでいくことが期待されるため、初等教育から高等教育まで継続的に啓発活動を行うことが大切である。例えば教育機関の施設整備において省エネルギー対策や自然エネルギー利用機器を導入する等

の具体的取り組みを実践するモデルプロジェクトを実施することは、極めて高い効果が期待される。特に初等教育機関等の施設において実施することは、将来を担う子どもたちだけでなく、その父母や地域社会に対する啓発にもつながる。文部科学省は既にエコスクール推進事業[16]として実施しているが、学術団体は教育機関等の施設整備におけるモデルプロジェクトに役立つ最新の研究成果を提供する必要がある。

また、節電や日照調整等の市民レベルでの取り組みに対する支援の拡大や、ベストプラクティスの市民情報共有のためのプラットフォームの構築、顕彰制度の拡充などインセンティブの付与を積極的に進めることが必要である。米国ニューヨーク市の公衆衛生局を中心とした横断的行政組織によるガイドライン作成[17]等に基づいて、開発計画や建築設計に関わる計画者に対する啓発活動が進められている例もある。健康社会の構築に向けて、市民の健康増進に寄与する建築や都市の環境デザイン手法や開発計画における健康の視点の導入等の先進事例を踏まえて、市民の行動変容を促す建築や都市の計画手法の開発、計画者の教育・啓発を推進する必要がある。

(3) 日本の伝統的な生活と低炭素化

低炭素化への流れの中で住宅の高断熱・高気密化への動きが全国的に一層進んでおり、2020年には標準的な新築住宅をゼロ・エネルギーハウス(ZEH)とする目標が「エネルギー基本計画」(2014年4月閣議決定)[18]に示されている。高断熱・高気密化はもともと寒冷地が中心であったが、近年、温暖地にもそのまま持ち込まれてきている。そのような状況の中、住宅の内部空間と外部空間の多様な関係の中で蓄積されてきた生活文化が無視されてしまう傾向も見受けられる。温暖地ではこれまで夏を旨とする住いが定着しており、季節による住み分けや季節に応じた住まい方が行われ、住宅の内部空間と外部空間が縁側や通り土間等を介して相互に関連づけられていた。それらの仕掛けが夏の最大限の風通しと多様な環境調整空間の形成に寄与していた。また、建具の開閉等による環境調整が住まい手の判断で能動的に行われることが、環境と関わる豊かな生活文化の基礎を築いてきた。しかし、例えば京町家の改修や建替においては、高断熱・高気密化が行われていることもあるようである。そのような従来の住文化を否定する方向でZEH指針が導入されることが危惧されている[19]。

一方、伝統的な住宅は、断熱が不十分なことから、室内を空調する場合は極めて非効率である。また、冬季におけるトイレや浴室における温度は低い状態となっており、そのことがヒートショックを引き起こして健康に多大な影響を与える[20]こととなる。伝統的な生活文化を可能な限り残し室内外環境の一体性を確保した上で健康性・快適性を向上させる高断熱・高気密化の手法、例えば、断熱気密性の高い可動間仕切り等の開発が必要とされている。

なお、2020年に予定されている省エネルギー基準の義務化[21]に際しては、伝統的建築に限って、特例によって断熱性能の基準が緩和される規定が設けられている[22]。しかし、上記のような伝統文化と健康性・快適性向上の両立を積極的に図るなどして、運用には特段の注意が必要である。

(4) 子どもに望ましい成育環境の整備

我が国の子どもの運動能力、体力の、ここ 30 年の年次推移を見ると、近年は 1985 年頃に比較して低い水準となっている[23]。また、子どもの不登校、自閉症等も増加傾向にある[24]。幼児期に適切な食生活、運動の習慣を含めた質の高い保育が与えられないと、その後の 70 年の人生に大きく影響する。米国民のこの 30 年間の肥満率の急激な増加[25]は、我が国も他山の石としなければならない。子どもの肥満は、成人後の肥満の前兆であり、居住・都市環境と大きく関わっているといわれている[26]。室内に閉じこもりがちな生活、他者との直接的な関わりを避けがちな生活、歩行ではなく自動車を多用する生活、ICT メディアとの接触に多くの時間を費やす生活、季節感の乏しい生活等が蔓延している。本来的に人は多くの人に会い、季節とともに生活を変化させていくものである。次世代を担う子どもの成育環境は、極めて重要である。特に我が国のように自然災害が多い国においては、困難を乗り越える力を持つ子どもに成長できる場として、居住・都市環境を設計する必要がある。その際には、緑の生理的、心理的な効果を十分に活かせるように都市環境の中に植栽を計画的に取り入れていくことも重要である。

低炭素・健康社会の実現とは「地球と人の健康」を実現することと同義であり、低炭素化と子どもの生活の健全化の両立が求められる。高断熱・高気密型の空間計画という機械的手法にとどまらず、「廊」空間〈13〉という日本的空間のあり方によって、環境変化に対応可能なレジリエンス能力を高める中間的環境の形成が極めて重要である。

(5) 少子高齢社会における健康・低炭素型の住まい方

少子高齢社会にあっては、高齢層、若年層、子ども等が同一建物あるいは同一街区内に居住し、互助の精神をフルに発揮できる小コミュニティの形成が有用である。そのためには、都市内部では我が国では根強く残る戸建住宅指向を改め、これらの要件を満たす新しい視点に立った中低層集合住宅のコーポラティブハウスやコーポラティブ街区が望ましい[27]。特に災害対応、並びに子どもや高齢者の交流の観点からも、このような接地性に優れた中低層住宅形式が望まれる。集会所やコミュニティキッチン等、共用スペースを十分にもち、ユニバーサルデザインが徹底され、さらに緑や屋上農地等も備え、子どもや高齢者が多くのファミリーによって支えられる、新しい都市集合住宅が今後展開されるべきである。これを促進する税制優遇も必要である。

また、インターネット等情報コミュニケーション技術の普及や暖冷房負荷を削減するための断熱化・気密化により低炭素化を図り、また、プライバシーやセキュリティを確保しながら、内部環境と外部環境をつなぐコミュニティ交流空間の形成を図るべきである。

以上のように ICT を最大限に活用することによって、子どもや高齢者を孤立させないように小さなコミュニティの中で生活し、対話ができる共同利用スペースが充実され、見守り合い、協同しながら、低炭素化を実現する住まい方を創出すべきである。

4 成熟社会のための低炭素で健康な都市・交通のデザイン

(1) 持続可能な都市構造と街区への変革

コンパクトシティは、都市の無秩序な郊外化を抑制し、適切に地域の核を形成して集約しつつ市街地の広さを適正規模にまとめることにより、公共サービスの効率を高め、過度な自動車交通の発生を抑止し、インフラコストの削減をめざす都市構造である。コンパクトシティは、唱えるだけでなく、これを人口成長期および人口減少期それぞれの時期に達成する戦略としてのスマートグロース（秩序ある成長）とスマートシュリンク（賢い縮退）の思想を徹底させ、その方法論に関する研究を推進するべきである。

コンパクトシティのコベネフィットとして、1) 歩行や自転車利用を増加させ、公共交通を維持し、交通エネルギーの消費を削減することができる。2) また、歩行を促すことで健康増進効果が期待でき、徒歩圏での生活を保証することにより高齢社会に対応する。3) さらに土地・空間資源を有効活用し、自然環境・農地破壊を最小限にして低炭素化を進めることができる。

都市には、老若男女、外国人等さまざまな異なる境遇にある人々が居住している。そのため、コンパクトなだけではなく、多様な価値観とライフスタイルを持つ各々の人のQOLを高め、かつ全体のバランスを取って機能する有機体でなければならない。そのためには、都市に特徴の異なる多様な価値を有する核となる場が用意され、それらの価値へ快適にアクセスできるネットワーク（交通、通信等）が有機的に備わっていることが望ましい。

都市域内部の空間は、将来世代の価値観にも耐え、かつ低炭素を保障するものでなければならない。そのためには、我が国で散見される、建てては壊す利根的建築行為を厳に戒め、個々の建物が高品質であるのみならず、相互調和的な建物群によって美しくかつ防災機能の高い街区を形成し、それを資産として後世代にまで継承することが可能なシステムを現世代が責任をもって構築しておく必要がある。

(2) 高齢成熟社会におけるあらゆる人々への公平なモビリティ

2050年の日本では、65歳以上の高齢者人口が15-64歳の生産年齢人口に近づく高齢社会[4]となる。これに対応して、昼間は都心で働き夜は郊外で寝るといった勤労者のための都市圏全体の効率的な輸送を推進するのではなく、低炭素な土地利用-交通システムをめざしながら、社会を構成する高齢者、身体障害者、低所得者、外国人等あらゆる個人属性の人々に対して公平で十分なモビリティ（移動可能性）が保障されることが極めて重要である。

我が国の交通計画は、人や車の交通需要に対応した道路整備や、多様な人々のスムーズな移動に資するバリアフリー化等、人のモビリティを確保することに主眼を置き、円滑で快適な移動を実現してきた。今後も地域、年齢、体力、障害の有無等を超えて、モビリティの確保は「人の交通」の重要なテーマであり続ける。そのために、LRT（Light Rail Transit〈14〉）、BRT（Bus Rapid Transit）〈15〉やパラトランジット（小型端末準公共交通）〈16〉等公共交通を活用して、歩行を基本とした次世代交通システムの構築を

進め、人と環境に優しい交通を優先するネットワークを構築するべきである。

近距離移動における自転車の共有利用、中遠距離移動における自動車の共有利用、走行者が自動車と共存する空間整備等シェアリング思想を広めることも重要である。

(3) 商品・物資のアベイラビリティを高める社会インフラとしての物流の低炭素構造

人のモビリティを確保する一方で、発想を転換して、移動が困難な人には自らは移動せずに商品や物資のアベイラビリティ（入手可能性）を高める戦略も重要である。これは、物の移動から見たロジスティクスの効率化に繋がる。

物流は、先進国において見られたように、所得が上昇しなくてもライフスタイルが変化することにより拡大の一途をたどるのが現実である。しかしながら、物流センターの適地への移転促進や老朽化物流施設の共同建替・更新の機を捉え、低炭素な物流体系へ向けて人と物の動きを総合的に再デザインすることは行われていない。したがって、経済活動を活性化しつつ、交通エネルギーを最小化させる方策が重要となる。

物流における低炭素化対策のメニューとして、施設立地の適正化、輸送手段の発生源排出削減、交通流の整流化、輸送システム連携、適切な料金体系の構築、消費者の行動意識改革等が挙げられ、これらの対策のコベネフィットを高める統合戦略を模索するべきである。

また、ICT の物流への応用は、物流企業内に限られていて、多様な輸送機関を組み合わせる社会インフラ構築への応用は極端に遅れており、改善の余地が大きい。特に平常時のみならず、大規模災害時も機能する物流システムの構築を図るべきである。

(4) 生活空間と生活意識の改善による都市のヒートアイランド対策

我が国では、2004年のヒートアイランド対策大綱が施行されたが10年後に見直し[28]が行われ、これを受けて地方自治体のヒートアイランド対策が実施[29]されている。

ヒートアイランド現象の形成要因は、生活空間の街の中にあり、第1に土地被覆の改変、第2に大量のエネルギー消費による大気への顕熱による排熱があげられる。

第1要因の克服方策は、環境負荷の小さい快適な街づくりにある。土地利用の都市的利用への改変を抑制するために土地利用をコンパクト化するとともに、緑被率を高めるといった土地被覆についての視点を考慮する必要がある。この問題は、地方都市郊外では鉄軌道網が薄く、大都市圏のように公共交通指向開発 TOD (Transit Oriented Development) による郊外の集約的開発が困難で、スプロール化のために深刻であることが多い。蒸暑地域の日本には、かつて豊かな水（湧水、水路）が存在していた街があるが、それを再現したり、街の中の生活空間にクールスポットを積極的に創造するといった都市デザインが求められる。

都市・建築緑化は、ヒートアイランド対策として有効であるが、緑化することだけに目を向けるのではなく、従来形成されてきた街全体を見直すという視点が重要である。すなわち、緑と共存した街の大局的な設計図を描き、その実現に向けた制度の整備、都市・建築の全体設計の中に位置付けられた緑化手法の開発が急務である。

一方、第2要因については、冷房方式について見直す必要がある。即ち空冷式熱交換機の室外機については再検討し、大気に排熱されない水冷式熱交換、河川水利用、地中冷熱ヒートポンプ冷房等の積極的導入が必要である。

(5) 低炭素で健康な社会への変革のための制度再設計

① 建物並びに土地利用の性能規定化と税制の見直し

都市のかたちの整序および継承可能な街区の形成、即ちコンパクト化とストック化を促進するには、その阻害要因となる都市制度の変革が必要である。

土地保有税は、土地の空間利用効率、環境や防災に対する性能に基づき適切に再設計をするならば、都市構造の適正化と環境・防災性向上の自動安定化装置となる。一方、建物保有税は質の高い建物ほど高いことから、環境負荷を小さくするための投資を阻害しており、廃止・軽減を含め抜本的な見直しが必要である。また、土地や建物の流通が阻害されることは、環境性能に優れた土地利用への転換の障害となるため、登録免許税、不動産取得税等の不動産流通に係る費用はなるべく軽減していかねばならない。これらにより、低炭素都市をより効率的に形成することができる。

都市構造を変革する場合には、土地利用規制の合理化も必要である。その一つが、土地利用規制を、仕様規定から性能規定に転換することであり、環境制御に関する行為規制として低炭素都市化をより効果的に達成できる。例えば、建蔽率、容積率、立地可能、高さを個別に規定するのではなく、環境性能および防災性能の目安である騒音、交通発生量、空地の広さを規定すれば、そのことが適切な用途混合や集合形態を実現するインセンティブに繋がる。あるいは、敷地内の単位面積当たりのCO₂排出量を規定することにより、外気への曝露表面積の大きい戸建からその小さい集合住宅への移行、自然換気の導入、庭への植樹等が促される。これは、従来の制度を放置すると生じてしまう外部費用〈17〉の発生を、課税によって内部化することで防ぐという意義がある。

② 交通・土地利用計画における低炭素化に向けた障害の除去

道路、鉄道、駐車場についても、混雑や環境負荷を基準としてロードプライシングや公共交通機関のスマートカードによる運賃等、時間差料金制を設定する外部性を調整する市場環境を作り出すことが望ましい。一方で、炭素排出のコントロールについては、CO₂排出権あるいは汚染物質排出権の取引市場を創出することも考えられる。

市街化調整区域等の低密度地域への後追いのインフラ整備を避けるためには、都市計画制度だけでなく、税制も活用して、集約型市街地構造への転換を一層図らなければならない。その際、課税と投資の主体たる自治体の行政サービス範囲と投資の受益が及ぶ範囲が極力一致するように、自治体の行政サービス範囲をインフラの種類ごとに見直す必要がある。例えば、地下鉄やLRT (Light Rail Transit) が自治体境界を超えて延伸されることにより、TODの推進が可能となる。しかし、現制度では市営地下鉄等当該自治体の市民の税金を投入して建設した鉄道は、他の市町村へ延伸できな

い原則なので、改善すべきである。

郊外鉄道事業では、政府、自治体、鉄道会社が投資するが、それに伴って生じる土地資産価値は地主に帰着する。利用者からの運賃収入だけで賄うと、運賃が高くなって十分な利用者が期待できない。これを克服するため、つくばエクスプレスのように第3セクターを設立して、鉄軌道整備に伴う土地資産の価値上昇による固定資産増収を根拠に自治体が資金を拠出して鉄道事業を可能としている好事例もある。

5 住宅・建築の低炭素・健康対策と創エネの加速化

(1) スマートエネルギーネットワークの構築

① ベストミックスの実現

低炭素社会構築のためには省エネルギーや省電力はもとより、化石燃料から非化石燃料への大胆な転換、化石燃料のクリーン化、高度利用技術の確立を進め、新たなエネルギーシステムを確立しなければいけない。そのためには、最適な電源構成比率、すなわち「ベストミックス」、並びに「分散型エネルギー」、「水素エネルギー」などの実現が重要である。2030年の我が国の電源構成としては、大規模集中型電源の比率を7割程度に下げ、分散型電源の比率を3割まで引き上げるのが望ましい。これまでは需要側に電力を一方向的に供給する送配電システムが取られてきているが、これからは需要側でも最大限に再生可能エネルギーを取り込み、電源側と需要側の双方向で管理する新しい系統制御を行うスマートエネルギーネットワーク構想が大切になる。

② 分散型エネルギーと自動車の電化

従来の大規模集中型電源の中で稼働率の悪いものは、電力が全面自由化されて市場原理が働けば、規模が縮小されていくものと推察される。日本は、もともと工業国家であり、数多くの工場からの排熱を有効活用したり、全面自由化によりコージェネレーションからの余剰電力を、家庭用等に売電することも可能となる。自動車の電化が進めば、分散型エネルギーへの転換が急ピッチで進む可能性が高い。

③ 水素社会の実現

水素エネルギーは、自然エネルギーの利用や大規模 CCS 等により CO₂ 排出を伴わない水素製造・供給が可能となれば、電気と並んでエネルギー利用システムの大きな担い手になる。日本が世界の先陣を切って、燃料電池自動車や家庭用燃料電池の商品化に成功したことは、極めて大きな意義を持っている。「水素社会」の到来に向けての課題は、自然エネルギーの利用等により、CO₂ 排出を極力抑えた水素製造技術を確立するとともに、輸送、貯蔵する仕組みを低コストでつくることである。実際に日本では、水素ステーションの設置コストは欧米の約2倍と言われている[30]。水素エネルギーのサプライチェーンの確立に向けた研究開発を強力に推進しなければならない。

④ IoTの活用によるエネルギーマネジメント

エネルギーマネジメント（エネマネ）とは、情報通信ネットワークを活用してエネルギー社会基盤を構築するための中核技術である。エネマネにより、多様な形態のエネルギーの生成、変換、伝送、消費を連携することによって効率的なエネルギー利用を実現することができる。発電所はこれまでピーク負荷に応じて稼働させてきたが、エネマネを行うことで効率的な運転が期待できる。それらに関係する設備として電気自動車、蓄電池、燃料電池、蓄熱槽等の有効活用が模索されており、土木・建築分野の枠を越えた研究が必要である。

また、IoT (Internet of Things) 〈18〉は今後、より広く社会で利用されるものと推察されるが、IoT を低炭素化の推進に利用できる技術としても捉えることが重要であり、情報関連の将来の技術やビッグデータの活用に向けて必要な措置を講じていくべきである。情報提供によるオフィスや家庭のエネルギー消費行動変容に関する調査やそれに基づいたBEMS (Building Energy Management System) 〈19〉やHEMS (Home Energy Management System) 〈20〉等のエネマネに関する更なる研究開発が必要である。

エネルギーの利用を建築・住宅から地区へ、地区から都市・地域へ面的に拡大し、CEMS (Community Energy Management System) 〈21〉を通して押し進め、更なる低炭素化を推進する必要がある。エネルギー需要は都市計画分野とも関連が強いため、その分野とも積極的に協調する必要がある。

(2) ZEB、ZEH を越えたライフサイクルでの建築の低炭素化

ゼロ・エネルギービル (ZEB: Zero Energy Building)、ゼロ・エネルギーハウス (ZEH: Zero Energy House) の基本は、負荷の削減、設備機器の高効率化、再生可能エネルギーの利用 (創エネ) である。これまでの住宅の省エネルギーは、暖冷房負荷の削減に貢献する建物自体の熱性能の向上を目的としていた。これに加え改正省エネルギー基準 (2015年度) [31] では、住宅で消費される一次エネルギー消費量が指標とされるようになった。すなわち、住宅で使用される設備機器の効率やその熱源の選択も評価されること、さらに太陽光発電等による「創エネ」の効果も評価に加えられるようになり、売電部分も含めて評価すればZEHの方向がより鮮明に打ち出されたといえる。現行のZEHをさらに超えたライフサイクルでの低炭素化を目指すLCCM住宅が既に開発されているが、このような住宅や建築を広く普及させるためには、以下の課題を検討する必要がある。

① 低密度・低品質エネルギーの利用による低炭素化

住宅では、暖冷房と給湯の占める割合が6割にもなる。即ち熱の利用が大きいのが特徴で、最終利用温度が低い。したがって電力・ガス等のような価値の高いエネルギーだけでなく、太陽熱、地域産材を利用するバイオマスボイラー熱、地域産業からの廃熱等、低密度・低品質エネルギーを有効に活用すべきである。地域の気候や木材資源の有無も考慮して戦略を構築する。また、自然採光による照明負荷の削減も有効である。

② 気候風土に対応した環境計画

建物の高断熱・高气密化によって建物からの熱損失を減らす一方で、日射熱を取り入れ、熱取得を増やすことによって、暖房負荷の削減が可能となる (パッシブ暖房)。夏は、日射を適切に遮断し、通風や夜間換気などの導入によって、冷房効果を得、冷房負荷を削減することができる (パッシブ涼房)。このような地域のポテンシャルを利用するパッシブデザインの効果を引き出すためには、年間を通じた地域の気候の特性を把握し、デザインに反映する設計技術の確立と普及が必要である。我が国の気候は

地域的な差が大きく、季節的な変化も大きい、このことが、豊かな居住文化を育む背景にもなってきた。良好な居住環境形成のためには、建物の内部のみを対象とするのではなく、外部との関係を総合的に計画する必要がある。適切な関係の構築は、省エネルギーのみならず、地域のコミュニティ計画においてもきわめて重要である。

③ ライフサイクルを通じた環境負荷低減

建設から運用、廃棄まで、建築のライフサイクルを通しての環境負荷の削減・低炭素化をはかる必要がある。先に述べた LCCM 住宅はそれを目指した建築であるが、製造時の環境負荷が少ない材料や部品を選択し、それらを再利用、再生利用して、建設廃棄物の排出を減らす物質循環のシステムの構築が望まれる。建築の長寿命化は有力な政策課題とされるが、増大しがちな初期コストとのバランスが課題である。一方、環境にやさしい建設材料として、空気中の炭素を固定した木材資源の活用・普及が極めて重要である。そのための技術開発、木造建築の普及を促進するための法整備、安定供給の体制づくり等を進めていくべきである。また、耐火・耐震等の技術開発が進んでおり、木造建築独自の魅力も再評価されるようになった。我が国の森林産業の活性化を促し、地域振興や治山治水の観点からも地場産材の活用が望ましいとされるが、安定した供給体制の整備が政策的な課題である。

④ 既存建物の低炭素化

日本の住宅の 38%が無断熱に等しく、現行の断熱基準を満たした住宅はわずか 6%しかない[32]。したがって、既存住宅の省エネ対策や ZEH (Zero Energy House) 化への取り組みが急務である。また、賃貸住宅に関する対策は遅れており、断熱・気密化を進める必要がある。省エネルギー手法だけではコストメリットが低いので、健康増進効果等のコベネフィットを強調する必要がある。

また、既存建築物の総床面積は非常に大きい。2017 年 4 月から建築物省エネ法〈22〉の適合の義務が課せられる床面積 2000m²以上の既存の非住宅建築物は、建物数でいえば新築建物の総数に対する割合は 0.6%である。しかしながらそれらの建物では全体の 36%のエネルギーを消費している[33]。既存建築物に関しても省エネルギー基準適合認定ラベルの表示が可能になるが、限定された建物についての耐震診断の義務化・耐震診断結果の公表義務のように賃貸・売買等の契約の際には性能を表示する可能性も検討すべきである。

(3) 健康性・知的生産性のコベネフィット

IPCC の第 3 作業部会第 5 次評価報告書[6]では、住宅・建築物・街区・都市等の住環境・執務環境における健康性、知的生産性などのコベネフィットの見える化の必要性を指摘している。住宅の断熱性能向上には初期投資が負担となり、寒冷地を除いては光熱費削減の便益による投資回収が難しい。英国の保健省が他省庁と連携して、健康被害を減らすために冬季における推奨室温の普及啓発を進めており、住宅断熱改修推進等の政

策に反映させている数少ない先導事例[34]である。一方、業務用建築物における過度な省エネルギー管理は、執務者の知的生産性を低下させるだけでなく、身体的・精神的健康を損なう可能性もあり、適正な室内環境を提案していく必要がある。

しかしながら住環境・執務環境の改善による健康性、知的生産性等のコベネフィットに関する科学的エビデンスは未だ不足している。したがって、住宅・建築物・街区の省エネ・低炭素改修等の介入前後の居住者・執務者の血圧・睡眠・活動量・諸症状の短期的変化等に関する大規模調査を実施すべきである。この点に関しては、既に国土交通省において、スマートウェルネス住宅等推進事業が開始されており、断熱改修の健康に及ぼす効果について調査が始まっているところである[35]。加えて、それに関する10年以上の継続したコホート調査(23)を行うことによって、疾病予防・介護予防に関する科学的エビデンスを収集・分析する基盤整備を推進すべきである。

6 日本の都市・建築・交通分野における低炭素技術のアジア展開戦略

(1) 民生、交通エネルギーデータベースの構築

アジア諸国、特に東及び東南アジアの CO₂ 排出量は増加傾向にあり、今後も増加すると予想 [6] されている。アジアの国々は、エネルギー資源の有無や経済発展の段階が異なることから、各国の CO₂ 排出削減への取組みも異なる。ある程度経済発展が進んだ国々の中でも、資源国であるマレーシア、インドネシアはエネルギー価格が安価であり、省エネルギー法の整備も進んでいない。タイは資源国ではあるがエネルギー輸入国でもあり、古くから省エネルギー法のもとに様々な CO₂ 排出削減の取組みが行われている。これに対し、経済発展途上の国ではベトナムのように最近になって制度整備が進み、CO₂ 排出削減の取組みが始められている国から、カンボジアのように資源を持たず、エネルギー価格は高いが、CO₂ 排出削減方策にまで政策的に対応できていない国など様々である [36]。このような中で、CO₂ 排出削減を推進するには、政策立案や研究開発の基礎となるエネルギー需要のデータ整備が必要であるが、ほとんど未整備の状況にある。途上国ほど民生部門、中でも家庭用の CO₂ 排出量の国全体に占める割合は高い [37] が、この傾向が顕著であるにもかかわらずエネルギーのデータ整備は進んでいない。

したがって、東南アジアにおける民生、交通部門のエネルギー消費実態に関する共通データベースを構築し、計量数値モデルを用いた将来予測と、発展段階に応じた政策や対策の効果検証ができる Web ベースのプラットフォームを構築すべきである。

(2) 蒸暑地域の室内環境制御に関する課題の明確化と研究推進

東南アジアの蒸暑地域の住宅ではエアコンの普及とともにエネルギー消費の伸びが予測 [38] されており、その部分の省エネルギーをどう進めるかが大きな課題である。特に湿度の制御に関しては、デシカント吸着材などを用いた吸放湿技術の開発が重要である。東南アジアでは、冷房時の室温が低すぎるものが指摘されている。これは、エネルギーを多量に消費する再熱システムが使用されないということと、米国流の冷房設計が行われていることによる。快適性の観点から冷房時の温度・湿度に関する研究の推進が重要であり、オフィス等の熱的快適性の評価手法を見直していく必要がある。また、アジア諸国における伝統的な民家では日射遮蔽、通風などによって暑さを緩和するための工夫がみられる。これらの技術を現代の建築に生かすことも冷房用エネルギー消費を低減するために必要である。

以上のことからアジアにおける蒸暑地域の環境制御に関しては、冷房時における室内環境の快適性の評価、湿度調整技術の開発、冷房時の省エネ技術の開発、民家にみられる伝統的な技術の現代建築への応用などを研究していく必要がある。

(3) アジア諸国に必要な低炭素交通土地利用システムの方向性と研究開発

世界には1千万人を超える都市圏が約35存在し、アジアが21を占める [39]。アジアの発展途上国では農村からの人口流入による郊外化に伴う通勤交通の長距離化と、所得

上昇に伴う自動車保有の上昇が止まらない。一方で、鉄道整備は、一部の都市を除いて、極めて不十分な段階にある。このような状況下では、道路の厳しい渋滞が発生してガソリン消費効率が低下し、CO₂排出や大気汚染が増え続けている。また、車利用がスプロールの郊外化を増長するという悪循環が止まらない。

バンコクは、1990年代に通勤時間が8時間を超える通勤者が全体の1割に達するという史上最悪の渋滞を生んだが、1992年から1996年にかけてのJICA調査プロジェクトの提案に沿って、1999年にスカイトレイン（BTS）が開業したのを皮切りに2010年までに100km余の新しい鉄道システムが整備された。そして同時進行した都市高速道路と環状道路の整備との複合効果により、整備がなかった場合に比べてCO₂排出量が約2分の1に抑制されたと推計[9]されている。また、上海では、2000年以降に政府の重点政策によって600kmを超える世界最長の地下鉄網が整備された。

アジア諸国の大都市における交通渋滞や大気汚染を緩和するためには、バンコクや上海における鉄道整備の成功例について検証するとともに、既に述べたように他の都市に移植する仕組みを研究する必要がある。また、基幹の鉄道やバス路線までの短トリップに関しては、徒歩移動を敬遠するアジアの蒸暑地域では伝統的なTukTuk等パラトランジット（小型端末準公共交通）をICT技術を駆使してインテリジェント化する研究開発が有効である。この鉄軌道と小型端末準公共交通をICT技術で結んだシームレスな次世代公共交通への進化は、今世紀前半に日本以上の速度で高齢化する東及び東南アジア諸国で通用するシステムを生み出す原動力となる。

(4) 人的交流と技術移転

上記に示した研究と開発の推進、低炭素建築の普及、健康増進、公共交通システムの整備などを進めていくにあたっては、我が国において蓄積されてきた研究成果、技術開発が大きな役割を果たすことが可能である。現在、この分野におけるアジア諸国との人的交流やアジアへの技術移転は、大学や企業の研究所などで個別には実施されていると推察されるが、低炭素・健康社会の実現を図る上では、横の連携を取って組織的に推進してこそ効果が上がる。

インフラ輸出においては、急速に発展しながら高齢化していく東及び東南アジアの国々に、今日から近未来の高齢社会にも通用するシステムを提供できるよう、JICA、さらにはアジア開発銀行、世界銀行等の援助機関が、研究に基づく科学的知見を常時共有する仕組みを早急に整えるべきである。

7 提言

以上の議論を提言としてまとめれば以下のようなになる。また、それぞれの提言に関連する省庁を付記してあるが、省庁間の連携が極めて重要であることは論を俟たない。

(1) 低炭素で健康的な新しいライフスタイルと行動変容の動機づけ

① 行動変容を促すモチベーションと関連要因の研究推進

従来、我国では主に工学系の研究者が中心となり行動変容と省エネルギーの関連に関して研究が行われてきた。今後は、心理学や行動科学等を含む社会科学系の研究者を巻き込んだ学際的研究を推進していくべきである。(環境省、内閣府、経済産業省、文部科学省)

② 低炭素・健康社会に向けた教育・啓発活動の推進

学術団体は科学的な最新の知見に基づく適切な情報提供や教材開発に積極的に協力すべきである。報道機関や国・自治体の政策決定に係る組織等に対しては、研究成果や客観的データを適切に提供するとともに、市民の行動変容を促す建築や計画手法の開発、計画者の教育・啓発を推進すべきである。(内閣府、文部科学省、国土交通省)

③ 伝統的な生活文化の継承

日本の伝統的な生活文化には、内部空間と外部空間が縁側や通り土間等を介して相互に関連づけられ、それらの仕掛けが夏季の最大限の風通しと多様な環境調整空間の形成に繋がっていた。それらを可能な限り残した上で健康性・快適性を向上させる高断熱・高气密化の手法の開発を推進すべきである。(内閣府、国土交通省)

④ 子どもに望ましい成育環境の整備

子どもの成育環境は、屋内環境の快適性のみならず、外で遊び、生活し、学ぶ機会を増やす住環境・保育環境の整備を推進する必要がある。また、室内外を二極化しない「廊」空間、中間領域をもつ日本的空間を子どものレジリエンス能力を高める成育環境として積極的に導入していくべきである。(国土交通省、文部科学省、厚生労働省)

⑤ 少子高齢社会における健康・低炭素型の住まい方

都市では、健康、QOLと低炭素を両立させる魅力的で接地性の優れた中低層集合住宅の建設を促進し、税制優遇の制度等を整備をすべきである。ICTを最大限に活用することによって、こどもや高齢者を孤立させないで、小さなコミュニティの中で生活し、対話ができる共同利用スペースが充実され、見守り合い、協同しながら、低炭素化を実現する住まい方を創出すべきである。(厚生労働省、国土交通省、財務省、総務省)

(2) 成熟社会のための低炭素で健康な都市・交通のデザイン

① 持続可能な都市構造と街区への変革

人口成長期・人口減少期に適応したコンパクトシティを加速化するため、スマートグロースとスマートシュリンクの方法論に関する研究を推進すべきである。高齢社会に対応し、鉄道か自動車かの二者択一から、中短距離用の乗降自由な公共交通と歩行を基本とした地域次世代交通ネットワークを研究すべきである。(環境省、国土交通省、自治体)

② 高齢成熟社会におけるあらゆる人々への公平なモビリティとアベイラビリティ

低炭素・健康社会の実現のためには、人のモビリティ（移動可能性）と物のアベイラビリティ（入手可能性）の双方を勘案し、携帯・IC 端末による人のトリップ、物・サービスデリバリのサポートシステム、ICT 技術による交通モード間の連携を推進し、大規模災害時も機能する物流システムの構築を図るべきである。(国土交通省、総務省)

③ 生活空間と生活意識の改善による都市のヒートアイランド対策

コンクリート空間の縮減、都市内の水空間の復活、大樹冠による日陰空間、蒸発冷却クールスポット等を創出するといったヒートアイランド対策を積極的に都市計画に組み込むべきである。(国土交通省、環境省、自治体)

④ 低炭素で健康な社会への変革のための制度再設計

都市のストック化とコンパクト化を促進するために、不動産の流通促進に関する借地借家法・区分所有法の整備、性能規定の条件付緩和や団地建替えを可能とする都市再開発法の改定、自治体境界を超えたインフラ整備のための法整備等を推進すべきである。また、社会的費用の内部化を組み込んだプライシングを積極的に導入し、環境負荷の小さい交通・土地利用システムへの誘導、都市ストックの形成・改善を、自治体レベルで率先して推進すべきである。(国土交通省、法務省、総務省、自治体、鉄道事業者)

(3) 住宅・建築の低炭素・健康対策と創エネの加速化

① スマートエネルギーネットワークの構築

最適な電源構成比率を実現するために、分散型エネルギーシステムと再生可能エネルギーを取り込み、電源側と需要側の双方向で管理する電力の新しい系統制御を行っていくスマートエネルギーネットワークを実現していくべきである。水素エネルギーは、自然エネルギー起源の水素製造・供給が可能となれば、電気と並んでエネルギー利用システムの大きな担い手になり、世界の先陣を切って、燃料電池自動車や家庭用燃料電池の普及を進めていくべきである。

また、建物単体から地域の複数の建物を対象とした HEMS、BEMS、CEMS 等のエネルギーマネジメントの導入によって多様な形態のエネルギーの生成、変換、伝送、消費を連携した効率的なエネルギー利用を実現することができる。そのためにも IoT の積極的活用を促進すべきである。(国土交通省、経済産業省、総務省)

② ZEH、ZEB を越えたライフサイクルでの建築の低炭素化

ライフサイクルを通じて低炭素な LCCM 住宅のような建築を広く普及させるためには、パッシブデザインを積極的に導入し、低密度・低品質の未利用エネルギーを有効に活用する必要がある。また、木材資源の活用・普及が極めて重要であり、そのための技術開発、木造建築の普及を促進するためのインセンティブの付与、安定供給の体制づくり等をさらに進めていくべきである。さらに既存の住宅・建築に対して低炭素化を進めるためには省エネルギー性能表示を推進する等の対応を進めるべきである。

(国土交通省、経済産業省、林野庁)

③ 健康性・知的生産性のコベネフィット

住環境・執務環境の改善による健康性、知的生産性等のコベネフィットに関する科学的エビデンスが不足しており、住宅・建築物・街区の省エネ・低炭素改修等の介入前後の居住者・執務者の生理的・心理的变化に関する大規模調査を実施すべきである。疾病予防・介護予防に関する科学的エビデンスを収集・分析する基盤整備には、10年以上継続したコホート調査を行う必要がある。(国土交通省、厚生労働省)

(4) 低炭素技術のアジア展開戦略

① 民生、交通エネルギーデータベースの構築

アジアにおける民生、交通部門のエネルギー消費実態共通データベースを構築し、計量数値モデルを用いて発展段階に応じた政策や対策の効果検証ができる Web ベースのプラットフォームを構築すべきである。(外務省、経済産業省、国土交通省)

② 蒸暑地域の室内環境制御に関する課題の明確化と研究推進

アジアにおける蒸暑地域の環境制御に関しては、冷房時における室内環境の快適性の評価、湿度調整技術の開発、冷房時の省エネ技術開発、民家にみられる伝統的な技術の現代建築への応用などを研究していく必要がある。(国土交通省)

③ アジア諸国に必要な低炭素交通土地利用システムの方向性と研究開発

アジア諸国の大都市における交通渋滞や大気汚染を緩和するために、バンコクや上海における鉄道整備の成功例について検証するとともに、他の都市に移植する仕組みを研究する必要がある。(国土交通省)

④ 人的交流と技術移転

インフラ輸出においては、急速に発展しながら高齢化していく東及び東南アジアの国々に、今日から近未来の高齢社会にも通用するシステムを提供できるよう、JICA、さらにはアジア開発銀行、世界銀行等の援助機関が、研究に基づく科学的知見を常時共有する仕組みを早急に整えるべきである。(外務省、文部科学省、国際金融機関)

<用語の説明>

<1> 空間性能Q

建物の平面配置、高層化、オープンスペースの取り方、意匠のあり方、建物自体の環境性能、及び鉄道・道路等の交通ネットワーク、堤防等の防災施設等の違いにより、同じ敷地の同じ土地面積上の空間が生み出す経済的価値、居住快適性、地球環境負荷、災害安全性等、空間が生み出す異なる価値。

<2> ZEB (Zero Energy Building)

経済産業省・資源エネルギー庁の定義によれば ZEB (ゼブ) (ネット・ゼロ・エネルギー・ビル) とは、先進的な建築設計によるエネルギー負荷の抑制やパッシブ技術の採用による自然エネルギーの積極的な活用、高効率な設備システムの導入等により、室内環境の質を維持しつつ大幅な省エネルギー化 (基準値から 50%削減) を実現した上で、再生可能エネルギーを導入することにより、エネルギー自立度を極力高め、年間の一次エネルギー消費量の収支をゼロとすることを目指した建築物のこと [40]

<3> PEB (Positive Energy Building)

非再生可能エネルギーの正味利用が 0kWh/m²年未満となる建築物 [41]

<4> LCCM (Life Cycle Carbon Minus)

LCCM 住宅とは、住宅の建設・運用・解体・廃棄までの一生涯に排出する CO₂ を徹底的に減少させるさまざまな技術導入と、それらを使いこなす省エネ型生活行動を前提としたうえで、太陽光、太陽熱、バイオマス等の再生可能エネルギー利用によって、ライフサイクルトータルの CO₂ 収支がマイナスとなる住宅のことである。 [42]

<5> 建築環境総合性能評価システム (CASBEE)

建築物の環境性能で評価し格付けする手法である。省エネルギーや環境負荷の少ない資機材の使用といった環境配慮はもとより、室内の快適性や景観への配慮なども含めた建物の品質を総合的に評価するシステムである。 [43]

<6> ZEH (Zero Energy Housing)

経済産業省・資源エネルギー庁の定義によれば、ZEH (ゼッチ) (ネット・ゼロ・エネルギー

ー・ハウス)とは、住宅の高断熱化と高効率設備により、快適な室内環境と大幅な省エネルギー(基準値よりも20%削減)を同時に実現した上で、太陽光発電等によってエネルギーを創り、年間に消費する正味(ネット)のエネルギー量が概ねゼロ以下となる住宅のこと[44]。

〈7〉公共交通指向型開発 (TOD : Transit Oriented Development)

公共交通機関を基盤にして、自動車に依存しない社会を目指した都市の開発をいう。

〈8〉スマートシュリンク

人口が減少する局面においても、日本の都市は拡大し続ける一方で、都市の税収が減り始め、このまま放置すると、近い将来にインフラ維持費用を賄えきれなくなって、破綻する。この危機を回避するために、都市の人口の減少に合わせて市街地を縮小していく、賢い縮退の概念が生まれた[45]。

〈9〉スマートグロース

人口が成長する局面において、アメリカの都市が自動車に依存して無制限に都市が拡散していき、長時間通勤、不採算となった鉄道の衰退により一層自動車依存となる。さらには、大量のガソリン消費と大気汚染、財政赤字のために道路インフラが劣化による交通の安全問題へと発展する負のスパイラルに陥った。このために、都市成長管理(Growth Management)が必要となり、スマートグロース(Smart Growth; 管理可能な秩序ある成長)という概念が生まれた[46]。

〈10〉シェアリング・エコノミー

総務省によれば、典型的には個人が保有する遊休資産(スキルのような無形のものも含む)の貸出しを仲介するサービスであり、貸主は遊休資産の活用による収入、借主は所有することなく利用できるというメリットがある[47]。

〈11〉リバウンド効果

エネルギー効率の向上によって節約されたエネルギーの一部が人々の行動の変化等によって相殺されてしまうことをいう。例えば、新たに断熱材を取り入れた住宅では、室内温度を以前よりも上げてしまい、エネルギー消費が増えるといったこと。

〈12〉デマンドレスポンス

電力受給の制御について、電力供給側が電気料金の設定をピーク時に割高にしたり、あるいは適切な電力抑制に対してインセンティブを支払う等の設定を行うことで、需要家の側に電力消費の制御を促し、電力受給の協調を図る方式のこと[48]。

〈13〉「廊」空間

我が国の住居発展の中で寝殿造りを見ると、母屋の周回に庇、縁側がめぐり、また複数の建物をつなぐ廊が多数存在する。庇下が廊下と呼称変化したと考えられる。庇も廊も母屋に対する附属空間である。これらを廊空間と称している。この空間は内部空間と外部空間の中間に位置づけられ、建具がそこに入ることにより、内部空間が可変的になり、環境工学的なダブルスキンとも評価できる可能性をもつ。[49]

〈14〉 LRT (Light Rail Transit)

国土交通省によれば、LRT とは、低床式車両の活用や軌道・電停の改良による乗降の容易性、定時性、速達性、快適性等の面で優れた特徴を有する次世代の軌道系交通システムのことである[50]。

〈15〉 BRT (Bus Rapid Transit)

国土交通省によれば、BRT とは、連節バス、公共交通優先システム、バス専用道、バスレーン等を組み合わせることで、速達性・定時性の確保や輸送能力の増大が可能となる高次の機能を備えたバスシステムを基盤とした大量輸送システムのことである[51]。

〈16〉 パラトランジット (小型端末準公共交通)

鉄道・バス等の大量輸送機関とタクシー・自家用車等の個別輸送機関の中間に位置する中間的な交通機関の総称。TukTuk、オートリクショー等の東南アジア都市に見られる伝統的な少量短距離交通システム、デマンドバス、乗合タクシー、マイカーの相乗りシステム等を指す[52]。

〈17〉 外部費用

住宅、オフィスビル、自動車交通等がもたらす CO₂ 排出による気候変動による温暖化、気象災害被害等、建物や自動車等の購入価格には含まれない費用。

〈18〉 IoT (Internet of Things)

IoT とは、あらゆるモノがインターネットを通じて接続され、モニタリングやコントロールを可能にするといった概念・コンセプトのことである[53]。

〈19〉 BEMS (Building Energy Management System)

データ通信ネットワークを駆使して、建築物の設備・機器等の運転管理によってエネルギー消費量の削減と安全性を確保し健康・快適性の向上を図るためのシステム

〈20〉 HEMS (Home Energy Management System)

データ通信ネットワークを駆使して、住宅の設備・機器等の運転管理によってエネルギー消費量の削減と安全性を確保し健康・快適性の向上を図るためのシステム

〈21〉 CEMS (community Energy Management System)

データ通信ネットワークを駆使して、コミュニティ全体の施設・設備・機器等の運転管理によってエネルギー消費量の削減と安全性を確保し健康・快適性の向上を図るためのシステム

〈22〉 建築物省エネ法

建築物のエネルギー消費性能の向上に関する法律（平成 27 年法律第 53 号）[54]の略称

〈23〉 コホート調査 (cohort study)

特定の要因に曝露した集団と曝露していない集団を一定期間追跡し、研究対象となる疾病の発生率を比較することで、要因と疾病発生に関連を調べる観察的調査のこと。

<参考文献>

- [1] 日本経済新聞社、電子版／新聞：パリ協定発効で開く温暖化対策の新時代、
<http://www.nikkei.com/article/DGXXZ009189960V01C16A1EA1000/> (2017年1月29日閲覧)
- [2] 環境省、電子版：「地球温暖化対策計画」の閣議決定について、
<https://www.env.go.jp/press/102512.html> (2017年1月29日閲覧)
- [3] 外務省、電子版：持続可能な開発のための2030アジェンダ
http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/about/doukou/page23_000779.html (2017年1月29日閲覧)
- [4] 内閣府、電子版：平成28年版高齢社会白書
http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2016/html/gaiyou/s1_1.html (2017年1月29日閲覧)
- [5] 村上周三：低炭素社会と建築、BELKA NEWS 153号、2015年10月
- [6] 気候変動に関する政府間パネル(IPCC)第5次評価報告書、2014年
- [7] 中国の古典「老子」33章。ここでは「足るを知る者は富む」と表しており、みずからの分(ぶん)を理解して、分相応のところで満足することを良しとしている。
- [8] エルンスト、フォン・ワイツゼッカー他著、林良嗣監修「ファクター5」日本、明石書店、2013年
- [9] 中村一樹、林良嗣、加藤博和、ワスタラースク・ワシニー：アジア途上国都市における土地利用交通施策の早期実施によるスプロール抑制効果、土木学会論文集D3(土木計画学)、Vol.69、No.2、pp.146-159、2013.5
- [10] Behavior Energy and Climate Conference
<http://becccconference.org/>, (2017年1月31日閲覧)
- [11] 4th European Conference on Behaviour and Energy Efficiency - BEHAVE 2016,
<http://www.eceee.org/events/calendar/2016/BEHAVE-2016> (2017年1月31日閲覧)
- [12] Cialdini, R., & Schultz, W. (2004). Understanding and motivating energy conservation via social norms. William and Flora Hewlett Foundation, 1-6.
- [13] Cook, J., Ph, D., & Blundell, M. (2016). Behavioral Demand Response Study - Load Impact Evaluation Report.
- [14] 土木計画学研究委員会 土木計画のための態度・行動変容研究小委員会：モビリティ・マネジメントの手引き -自動車と公共交通の「かしこい」使い方を考えるための交通施策-、土木学会、2005年5月
- [15] 例えば、Department of Energy and Climate Change. (2014). Evaluation of the DECC / John Lewis energy labelling trial.
- [16] 文部科学省、電子版：環境を考慮した学校施設(エコスクール)の整備推進
http://www.mext.go.jp/a_menu/shisetu/ecoschool/detail/1289498.htm (2017年1月29日閲覧)

- [17] ニューヨーク市、電子版：アクティブ・デザイン・ガイド
http://www1.nyc.gov/site/ddc/about/active-design.page_ (2017年1月31日閲覧)
- [18] 経済産業省資源エネルギー庁：エネルギー基本計画、平成26年4月
http://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/pdf/140411.pdf_ (2017年1月29日閲覧)
- [19] 土井脩史、李明香：京町家における居住文化に対応した断熱改修手法に関する研究、未来の京都創造研究事業最終成果報告会、2016年3月22日、
<http://www.consortium.or.jp/wp-content/uploads/free01.pdf> (2017年4月30日閲覧)
- [20] 健康維持増進住宅研究委員会／健康維持増進住宅研究コンソーシアム編著、健康に暮らすための住まいと住まい方エビデンス集、技報堂出版、2013年6月
- [21] 国土交通省、電子版：建築物省エネ法のページ
http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/jutakukentiku_house_tk4_000103.html (2017年1月29日閲覧)
- [22] 国土交通省、電子版：所管行政庁が地域の気候及び風土に応じた住宅であることにより外皮基準に適合させることが困難であると認める際の判断について（技術的助言）、平成28年3月31日
<https://www.mlit.go.jp/common/001126016.pdf>、(2017年4月23日閲覧)
- [23] スポーツ庁：平成27年度体力・運動能力調査結果、平成28年10月（体力・運動能力の年次推移の傾向）
- [24] 文部科学省：児童生徒の問題行動等生徒指導上の諸問題に関する調査、平成26年度（確定値）、平成28年3月
- [25] OECD：OBESITY Update, June 2014, (米国の肥満率、1972-2012)
- [26] Anne Ellaway, Sally Macintyre, Xavier Bonnefoy: Graffiti, greenery, and obesity in adults: secondary analysis of European cross sectional survey, September 2005
- [27] 小谷部 育子+住総研コレクティブハウジング研究委員会、第3の住まい-コレクティブハウジングのすべて（住総研住まい読本）、エクスナレッジ、2012年6月
- [28] 環境省、電子版：報道発表資料、「ヒートアイランド対策大綱」の見直しについて（お知らせ）、<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=16849>、平成25年7月1日（2017年1月30日閲覧）
- [29] 環境省、電子版：平成27年度ヒートアイランド現象に対する適応策検討調査業務報告書、<http://www.env.go.jp/air/report/h28-01/index.html>（2017年2月21日閲覧）
- [30] 経済産業省、電子版：水素・燃料電池戦略ロードマップ改訂版、
<http://www.meti.go.jp/press/2015/03/20160322009/20160322009-c.pdf>、
(2016年3月22日閲覧)
- [31] 国土交通省、電子版：エネルギーの使用の合理化等に関する法律（住宅・建築物関係）のページ、2017年1月25日
http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/jutakukentiku_house_tk4_000005.html

(2017年1月30日閲覧)

[32] 国土交通省、住宅局住宅生産課住宅・建築物の省エネルギー施策について、2014年2月24日、

http://www.jst.go.jp/lcs/result/ws20140224/pdf/20140224shiryo_miyamori.pdf (2017年2月10日閲覧)

[33] 国土交通省、第13回 省エネルギー判断基準等小委員会 (省エネ基準合同会議第9回) 配布資料、<http://www.mlit.go.jp/common/001156083.pdf> (2017年2月10日閲覧)

[34] Public Health England (イングランド公衆衛生庁) ,

Cold weather plan for England: protecting health and reducing harm from cold weather, 15 October, 2015 <https://www.gov.uk/government/publications/cold-weather-plan-cwp-for-england>(2017年1月30日閲覧)

[35] 国土交通省、電子版：住宅の断熱化と居住者の健康への影響に関する調査の中間報告～スマートウェルネス住宅等推進事業の調査の実施状況について～

http://www.mlit.go.jp/report/press/house07_hh_000164.html

(2017年1月30日閲覧)

[36] IEA: Southeast Asia energy outlook 2015

[37] IEA: <http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/> (2017年4月30日閲覧)

[38] Asia-Pacific Economic Cooperation: APEC Energy Demand and Supply outlook 6th Edition, Volum 1, 2016

[39] The Principle Agglomerations of the World (Brinkhoff)

<https://www.citypopulation.de/world/Agglomerations.html> (2017年4月30日閲覧)

[40] 経済産業省・資源エネルギー庁、電子版：ZEBロードマップ検討委員会とりまとめ、平成27年12月

<http://www.meti.go.jp/press/2015/12/20151217002/20151217002-1.pdf>

[41] Global Buildings Performance Network, 電子版：Defining Positive Energy - A Spectrum Approach

<http://www.gbpn.org/positive-energy-buildings/defining-positive-energy-%E2%80%93-spectrum-approach> (2017年4月30日閲覧)

[42] 一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構、電子版：LCCM住宅認定

<http://www.ibec.or.jp/rating/lccm.html> (2017年4月30日閲覧)

[43] 一般財団法人 建築環境・省エネルギー機構、電子版：CASBEE建築物総合性能評価システム、<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/> (2017年7月3日閲覧)

[44] 経済産業省・資源エネルギー庁、電子版：ZEH (ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス) に関する情報公開について

http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/zeh/

[45] 林良嗣、土井健司、加藤博和編著：都市のクオリティストックー土地利用・緑地・交通の統合戦略、鹿島出版会、2009年

- [46] 北村隆一:ポスト・モータリゼーションー21世紀の都市と交通戦略、学芸出版社、2001年
- [47] 総務省、電子版:シェアリング・エコノミーとは
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h27/html/nc242110.html>
(2017年4月30日閲覧)
- [48] webllio 辞書:デマンドレスポンス
<http://www.webllio.jp/content/%E3%83%87%E3%83%9E%E3%83%B3%E3%83%89%E3%83%AC%E3%82%B9%E3%83%9D%E3%83%B3%E3%82%B9> (2017年7月15日閲覧)
- [49] 仙田満:環境デザイン論、放送大学教育振興会、2009年
- [50] 国土交通省、電子版:LRT(次世代型路面電車システム)の導入支援
http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/lrt/lrt_index.html (2017年4月30日閲覧)
- [51] 国土交通省、電子版:BRTの導入促進等に関する検討会
http://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_tk1_000011.html (2017年4月30日閲覧)
- [52] 国土交通省、電子版:パラトランジット
<http://www.mlit.go.jp/seisakutokatsu/soukou/simpo/word.htm>
(2017年4月30日閲覧)
- [53] Webllio 辞書:IT用語辞典バイナリ、IoT
<http://www.webllio.jp/content/Internet+of+Things> (2017年4月30日閲覧)
- [54] 国土交通省、電子版:建築物省エネ法のページ、
http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/jutakukentiku_house_tk4_000103.html
(2017年4月23日閲覧)
- [55] 中村英夫、林良嗣、宮本和明編著:都市交通と環境ー課題と政策ー、運輸政策機構、2004年

＜参考資料＞低炭素・健康社会の実現への道筋と生活様式・消費者行動分科会審議経過
平成 27 年

- 1 月 19 日 低炭素・健康社会の実現への道筋と生活様式・消費者行動分科会（第 1 回）
役員の選出、今後の進め方について
- 4 月 27 日 低炭素・健康社会の実現への道筋と生活様式・消費者行動分科会（第 2 回）
20 期対外報告、21、22 期記録の内容、提言の枠組みについて
- 7 月 29 日 低炭素・健康社会の実現への道筋と生活様式・消費者行動分科会（第 3 回）
学術会議における他分科会における関連活動、提言の素案について
- 10 月 5 日 低炭素健康社会の実現への道筋と生活様式・消費者行動分科会（第 4 回）
提言の素案について
- 12 月 15 日 低炭素・健康社会の実現への道筋と生活様式・消費者行動分科会（第 5 回）
提言の目次と執筆者案について

平成 27 年 低炭素・健康社会都市小委員会

- 4 月 27 日 今後の進め方について
- 7 月 29 日 話題提供（柏木孝夫、伊香賀俊治）
- 10 月 5 日 話題提供（田辺新一、中上英俊）
- 11 月 4 日 話題提供（林良嗣、福井秀夫）
- 12 月 15 日 話題提供（苦瀬博仁、山田育穂）

平成 28 年

- 4 月 25 日 低炭素・健康社会の実現への道筋と生活様式・消費者行動分科会（第 6 回）
提言骨子案について
- 8 月 5 日 低炭素・健康社会の実現への道筋と生活様式・消費者行動分科会（第 7 回）
提言の骨子、目次案について
- 11 月 1 日 低炭素・健康社会の実現への道筋と生活様式・消費者行動分科会（第 8 回）
提言案について

平成 29 年

- 2 月 10 日 低炭素・健康社会の実現への道筋と生活様式・消費者行動分科会（第 9 回）
提言案について
- 4 月 7 日 低炭素・健康社会の実現への道筋と生活様式・消費者行動分科会（第 10 回）
提言案について
- 6 月 23 日 低炭素・健康社会の実現への道筋と生活様式・消費者行動分科会（第 11 回）
公開シンポジウムの進め方について
- 月○日 日本学術会議幹事会（第○回）
提言「低炭素・健康なライフスタイルと都市・建築への道筋」について承認

＜付録 1＞

本提言の低炭素社会と健康の実現を目指したテーマに関連する議論は、土木工学・建築学委員会の中に設けられた分科会において、これまで継続的に行われ取りまとめられてきた。すなわち 20 期では建設と社会分科会(村上周三委員長)が「対外報告：民生用エネルギー消費量削減に関する政策提言」を、21 期では低炭素建築・都市分科会(村上周三委員長)と社会資本分科会(浅見泰司委員長)が合同で「低炭素化に向けた経済・社会・エネルギーのあり方と実現のシナリオ」を記録として、22 期では低炭素建築・都市マネジメント分科会(吉野博委員長)が、「低炭素建築・都市マネジメント分科会」を記録として、まとめた。本提言はそれらの報告や記録を踏まえ、さらに本分科会にて審議した最新の成果を取り入れてまとめられたものである。

＜付録２＞低炭素・健康なライフスタイルと都市・建築を実現するための戦略と手段の例

戦略／手段	Avoid: エネルギー需要／CO ₂ 排出削減戦略	Shift: 省エネ／低CO ₂ 排出システムへの転換戦略	Improve: 高効率エネルギーへの改善戦略
技術的手段	<ul style="list-style-type: none"> -アジア諸国民生用エネルギーのデータベース -蒸暑地域の環境制御 -輸送手段のベストミックス -コンパクトシティ -都市内水空間の復活 -樹冠による日陰空間 -クールスポット創出 -木造建築の普及 -緑地の増加 	<ul style="list-style-type: none"> -スマートシュリンク境界帯 -エネルギーマネジメント -PEB、LCCM、 -シームレス交通e-サポートシステム -コミュニティ公共交通システム (LRT、BRT) -階層的短距離準公共交通パラトランジット (TukTuk) -ICT技術の交通モード間連携輸送システムへの応用 -双方向管理型電力系統制御 -分散型エネルギーへの転換 	<ul style="list-style-type: none"> -LED等の技術 -HEMS, BEMS, CEMS -自動運転技術 -HV, EV, FC車の進化 -燃料電池自動車 -家庭用燃料電池 -交通流整流化 -輸送手段発生源排出削減 -スマートグリッドの普及 -太陽熱、地熱、バイオマスボイラー
規制的手段	<ul style="list-style-type: none"> -都市再開発法の改正 -土地利用制度の性能規定への改変 -借地借家法・区分所有法の改正 -施設立地適正化 -荷さばき施設の附置義務 	<ul style="list-style-type: none"> -再生可能エネルギー使用割合の目標設定 -自治体境界を超えた有機的インフラ整備 -新築建物・既存施設の省エネルギー性能表示 	<ul style="list-style-type: none"> -トップランナー制度 -新築建物・既存施設の省エネルギー性能表示 -物流の低炭素化にむけた制度
啓発的手段	<ul style="list-style-type: none"> -都市内交通への徒歩区間の積極的組み入れ -伝統的な自然共生的生活への回帰 -シェアリング 	<ul style="list-style-type: none"> -低炭素・健康コリドー -物資のアベイラビリティを高める統合戦略 -健康性・知的生産性等のコベネフィット表示 -CASBEEによる評価 -低炭素化と子どもの生活の健全化の両立 	<ul style="list-style-type: none"> -エネルギー・ベストミックス -ライフサイクルの低炭素化 -ICTネットワーク社会構築
経済的手段	<ul style="list-style-type: none"> -立地誘導施策 -社会料金体系の改変 -排出権取引制度 	<ul style="list-style-type: none"> -LED等省エネ製品購入補助金 -混雑料金制度 	<ul style="list-style-type: none"> -LED等省エネ製品購入補助金 -スマート投資

(出典) 中村英夫、林良嗣、宮本和明 (2004) [55]のCUTEマトリクスに基づき作成

提言等の提出チェックシート

このチェックシートは、日本学術会議において意思の表出（提言・報告・回答、以下「提言等」という）の査読を円滑に行い、提言等（案）の作成者、査読者、事務局等の労力を最終的に軽減するためのものです。

提言等（案）の作成者は提出の際に以下の項目をチェックし、提言等（案）に添えて査読時に提出してください。

	項目	チェック
1. 表題	表題と内容は一致している。	1. <input checked="" type="radio"/> はい 2. <input type="radio"/> いいえ
2. 論理展開 1	どのような現状があり、何が問題であるかが十分に記述されている。	1. <input checked="" type="radio"/> はい 2. <input type="radio"/> いいえ
3. 論理展開 2	特に提言については、政策等への実現に向けて、具体的な行政等の担当部局を想定している（例：文部科学省研究振興局等）。	1. <input checked="" type="radio"/> 局名：本文の提言に記載 2. <input type="radio"/> 特に無い
4. 読みやすさ 1	本文は 20 ページ（A4、フォント 12P、40 字×38 行）以内である。※図表を含む	1. <input checked="" type="radio"/> はい 2. <input type="radio"/> いいえ
5. 読みやすさ 2	専門家でなくとも、十分理解できる内容であり、文章としてよく練られている。	1. <input checked="" type="radio"/> はい 2. <input type="radio"/> いいえ
6. 要旨	要旨は、要旨のみでも独立した文章として読めるものであり 2 ページ（A4、フォント 12P、40 字×38 行）以内である。	1. <input checked="" type="radio"/> はい 2. <input type="radio"/> いいえ
7. エビデンス	記述・主張を裏付けるデータ、出典、参考文献をすべて掲載している。	1. <input checked="" type="radio"/> はい 2. <input type="radio"/> いいえ
8. 適切な引用	いわゆる「コピペ」（出典を示さないで引用を行うこと）や、内容をゆがめた引用等を行わず、適切な引用を行っている。	1. <input checked="" type="radio"/> はい 2. <input type="radio"/> いいえ
9. 既出の提言等との関係	日本学術会議の既出の関連提言等を踏まえ、議論を展開している。	1. <input checked="" type="radio"/> はい 2. <input type="radio"/> いいえ
10. 利益誘導	利益誘導と誤解されることのない内容である。	1. <input checked="" type="radio"/> はい 2. <input type="radio"/> いいえ
11. 委員会等の趣旨整合	委員会・分科会の設置趣旨と整合している。	1. <input checked="" type="radio"/> はい 2. <input type="radio"/> いいえ

※チェック欄で「いいえ」を記入した場合、その理由があればお書きください

記入者（委員会等名・氏名）：

低炭素・健康社会の実現への道筋と生活様式・消費者行動分科会・吉野 博

参考：日本学術会議会長メッセージ、「提言等の円滑な審議のために」（2014年5月30日）。

<http://www.scj.go.jp/ja/head/pdf/140530.pdf>